改良胫骨横向骨搬运技术治疗 Wagner3、4 级糖尿病足 117 例效果观察

董亚楠 ，姜晓锐 ，王凯，等. 改良胫骨横向骨搬运技术治疗 Wagner3、4 级糖尿病足 117 例效果观察［J］. 中国全科医学，2022. ［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0822

董亚楠[1,2]，姜晓锐[2]，王凯[2]，宗传冲[2]，林春晓[2]，林国栋[2]，李香卿[2]，迟俊涛[3*]

基金项目：山东省自然科学基金项目 ZR2019MH073
烟台市科技计划项目 2019YD027

1：261053 山东省潍坊市，潍坊医学院护理学院
2：264000 山东省烟台市，烟台毓璜顶医院手足外科
3：264000 山东省烟台市，烟台毓璜顶医院护理部
*通信作者：迟俊涛，副主任护师，硕士生导师，E-mail：chijuntao@126.com

【摘要】 **目的** 探讨改良胫骨横向骨搬运技术(TTT):骨与骨膜联合搬运治疗 Wagner3、4 级糖尿病足患者的疗效。 **方法** 回顾性分析 2018 年 1 月—2021 年 5 月应用改良 TTT 技术治疗的 117 例糖尿病足患者的临床资料,采取自身前后对照研究方法，分析术后保足率、功能性保肢率、大截肢率和溃疡愈合时间、并发症发生率、足部皮温改善情况、静息痛情况及术前术后 CTA 对比情况。 **结果** 所有患者均获随访，随访时间 5.5~24 月，平均（14.21±4.06）个月。术后保足率（未截肢或踝关节以下截肢）为 95.73%（112/117），功能性保肢率（未截肢或中足中段以远部位小截肢）为 83.76%（98/117），大截肢率（踝关节以上截肢）为 4.27%（5/117），除截肢患者外其余患者术后溃疡愈合良好，愈合时间 6~14.5 周,平均时间为（9.07±2.02）周；患者术后足温较术前显著改善（$P<0.01$）；伴有静息痛患者的足部疼痛较前显著缓解（$P<0.01$）；CTA 显示 70.34%（94/117）的患者术后血管情况好转，微血管数量增加，足部血管网重建；在骨搬运过程中并发症发生率为 11.97%（14/117），其中截骨区域皮缘坏死、下肢静脉血栓、钉道感染的发生率分别为 5.98%（7/117）、4.27%（5/117）、1.71%（2/117）。 **结论** 改良 TTT 技术骨与骨膜联合搬运可以通过刺激下肢微循环的重建促进创面愈合，短期内有效缓解糖尿病足患者静息痛的症状，改善足部温度；同时相对于传统 TTT 技术，该方法并发症发生率大大减少，为治疗治疗糖尿病足提供了一种有效手段。

【关键词】糖尿病足；骨与骨膜联合搬运；胫骨横向骨搬运
【中图分类号】R816.8

The effect of modified tibial transverse bone transport technology in the treatment of Wagner grade 3 and 4 diabetic foot in 117 cases was observed

DONG Yanan[1,2],JIANG Xiaorui[2],WANG Kai[2],ZONG Chuanchong[2],LIN Chunxiao[2],LIN Guodong[2],LI Xiangqing[2],CHI Juntao[3]
1:School of Nursing,Weifang Medical University,261053，China
2: Hand and foot surgery, Yantai Yuhuangding Hospital,264000,China
3:Department of Nursing,Yantai Yuhuangding Hospital,264000,China
*Corresponding author:CHI Juntao,Deputy Chief Nurse,Master Tutor；E-mail：chijuntao@126.com

【Abstract】Objective Explore improvements tibial transverse bone transport technology(TTT) :combined transport of bone and periosteum in the treatment of Wagner grade 3 and 4 diabetic foot patients. **Methods** The clinical data of 117 diabetic foot patients treated with TTT technology from January 2018 to May 2021 were retrospectively analyzed, and the postoperative foot-preservation rate, functional limb salvage rate, major amputation rate, ulcer healing time, complication rate, improvement of foot skin temperature, resting pain and comparison of preoperative and postoperative CTA were analyzed by its own before-and-after control study methods. **Result** All patients were followed up for 5.5 to 24 months, with an average of (14.21 ±4.06) months. The postoperative foot retention rate

(unexcitated limb or below ankle amputation) was 95.73% (112/117), the functional limb preservation rate (unexcitated or small amputation in the middle of the midfoot to the far part) was 83.76% (98/117), the major amputation rate (amputation above the ankle) was 4.27% (5/117), and the postoperative ulcers healed well except for amputated patients, with a healing time of 6 to 14.5 weeks, and the mean time was (9.07±2.02) weeks; The postoperative foot temperature of the patients was significantly improved compared with the preoperative period ($P<0.01$); the foot pain of the patients with resting pain was significantly relieved compared with the previous period ($P<0.01$); the CTA showed that the postoperative vascular condition improved in 70.34% (94/117) of the patients, the number of microvascular vessels increased, and the blood vessel network of the foot was reconstructed; The complication rate during bone handling was 11.97% (14/117), among which the incidence of osteotomy area skin edge necrosis, lower extremity venous thrombosis, and nail infection was 5.98% (7/117), 4.27% (5/117), and 1.71% (2/117), respectively. **Conclusion** Improved TTT technology (joint transport of bone and periosteum) It can promote wound healing by stimulating the reconstruction of lower limb microcirculation, effectively relieve the symptoms of resting pain in diabetic foot patients in the short term, improve foot temperature, and greatly reduce the complication rate compared with the traditional tibial transverse bone transport technology, which provides an effective means for the treatment of diabetic foot.

【key words】diabetic foot; bone and periosteum combined transport technique; transverse bone transport of the tibia technique

糖尿病足是糖尿病的常见并发症之一，具有高发病率和高死亡率的特点，且治疗难度大，费用昂贵，对患者的健康造成极大的影响。据统计，糖尿病患者在其一生中发生足溃疡的概率约为 25%，国际糖尿病联盟报告称，每年有 910~2610 万的糖尿病患者发生糖尿病足溃疡，其中 1/5 的糖尿病足溃疡患者需要截肢，且主要集中在 Wagner3≥级的患者。全世界每 30s 就有 1 例病患因糖尿病而截肢，在发达国家中，超过 60%小腿截肢患者的原因与糖尿病有关，此外，约 50%的患者大截肢后将在 5 年内再次截肢，且截肢后 5 年死亡率仍高达 25%～50%[1-4] 。目前糖尿病足的治疗措施有多种，通常需要多学科综合治疗。虽有指南推荐，但治疗仍不统一，主要是改善局部血液循环、促进创面愈合、控制感染等[5]，以及包括清创、负压引流、抗生素骨水泥 、高压氧、臭氧 、血管介入等技术[6-11]，但最终效果均十分有限，临床中需要更多的治疗技术来促进糖尿病足溃疡愈合，提高保肢率。胫骨横向骨搬运（Tibial Transverse Transport，TTT）是在俄罗斯医学专家 Ilizarov 提出的张力-应力法则的基础上发展而来的一项技术[12]，通过牵拉胫骨骨块刺激下肢微循环的重建，有效改善糖尿病足患者患肢的微循环障碍[13]，从而减轻疼痛，改善足温，促进足溃疡愈合。但传统 TTT 技术为大切口单一大骨块，存在皮缘坏死、医源性骨折、牵拉骨块游离坏死、下地行走时间晚等众多并发症，且发生概率较高。本研究团队在传统 TTT 技术基础上进行改良，保留缝合骨膜，采用骨与骨膜联合搬运的方法进行操作，研究中观察分析 117 例采用骨与骨膜联合搬运的方法治疗的糖尿病足患者，观察结果可以有效降低以上并发症。现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例纳入标准与排除标准

纳入标准：（1）Wagner 分期 3、4 期的糖尿病足患者；（2）具有行走能力；（3）无严重的心肺功能及肾功能异常；（4）无严重凝血功能障碍；（5）膝下至少 1 条主干血管至踝关节并形成血管网，且血管通畅率≥70%。排除标准：（1）有精神疾病不能配合治疗的患者；（2）确诊患有其他难以控制的严重并发症患者，如合并全身感染或深部感染未控制者；（3）因心血管并发症或肾功能衰竭等不能耐受麻醉或患有严重基础性疾病不能耐受手术者；（4）股浅动脉或腘动脉阻塞，或没有任何动脉分支（胫骨前、胫骨后或腓动脉）血供达小腿者；（5）临床资料不全者。

1.2 一般资料

本组男 80 例，女 37 例；年龄 56～82 岁，平均 65.9 岁；糖尿病病程 2～43 年，平均病程 14.9 年；糖尿病足病程 1~24 个月，平均 8.2 个月；Wagner 分期：3 期 48 例，4 期 69 例；35 例患者伴有静息痛。

1.3 术前处理

完善相关的术前检查；改善循环，营养神经，严格控制血糖。需要达到以下标准：（1）空腹血糖≤8mmol/L、餐后 2h 血糖≤12mmol/L。（2）纠正全身营养状态, 白蛋白＞30g/L，纠正内环境失衡,尤其是潜在电解质紊乱和胸腔积液。（3）应用抗生素控制感染，将足部感染控制局限，避免"链式感染"。（4）进行足部彻底清创、去除感染坏死组织。（5）所有患者进行术前患肢足部温度测试、疼痛评估。

1.4 手术方法

麻醉方式选择周围神经阻滞，术中不用止血带，以免加重下肢循环障碍。采用 6 步法进行术前评估及手术操作。首先选择胫骨中上 1/3 段内侧面为截骨区，评估皮肤紧张度和松弛度，在体表预安置牵引架，选择钻孔的位置。第 1 步，位置的选择与评估：在预先设计安置迁拉杆的位置,采用 2.7mm 直径钻头垂直骨面，经皮钻孔，穿单侧骨皮质直至骨髓腔，观察若髓腔出血提示血运充足（图 1）；第 2 步，切口设计与保护：根据两牵拉杆的间距精准采用 2.7mm 直径钻头钻两孔，根据此两孔行长约 2cm 弧形切口进行皮下剥离并充分保护骨膜（图 2）；第 3 步，排钻方向与截骨方式：根据需要截骨的胫骨面积设计截骨块大小，一般选择距离骨脊 5mm 为截骨边界，排钻方向应垂直髓腔表面，避免穿透两层骨皮质，一般情况可设计为（2-2.5）×（2-2.5）cm^2 正方形或长方形骨块（图 3）；第 4 步，保留骨膜与截骨方式：首先使用 15 号刀片切开钻孔表面的骨膜于两侧推移约 2mm 间隙，显露排钻位置的骨孔，用超薄骨刀截骨形成可活动性骨瓣，采用 5-0 可吸收线缝合骨膜（图 4）；第 5 步，经皮固定牵拉杆（图 5）；第 6 步，安置外固定架，外固定架固定后间断缝合皮肤。最后，用 75%乙醇消毒切口，敷料包扎（图 6）。

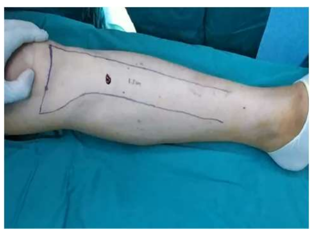


图 1 位置的选择与评估

Figure1 Location selection and evaluation



图 2 切口设计与保护

Figure2 Cutout design and protection



图 3 排钻方向与截骨方式

Figure3 Drill direction and osteotomy method



图 4 保留骨膜与截骨方式

Figure4 Preservation of periosteum and osteotomy



图 5 经皮固定牵拉杆

Figure5 Percutaneous fixed pull rod

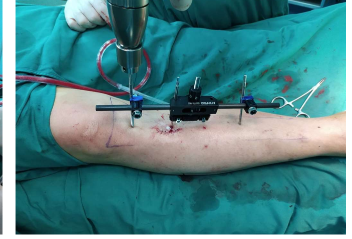


图 6 安置外固定架

Figure6 Place the external retention bracket

1.5 术后处理

术后抗感染、监测并严格控制血糖，维持空腹血糖≤8mmol/L，餐后 2h 血糖≤12mmol/L，注意每日清洁消毒钉道口，每日换药。术后 1 周建议病人下地行走，术后 12—14 天开始进行横向骨搬运，每天搬移 1mm，分 4 个时间段完成。外移 10mm，复查 X 线片确定骨片位置，3 天后按照相同的速度、方法回牵 2mm，复查 X 线片确定并调整骨块位置,然后再向外牵拉至 15mm，复查 X 线片确定骨块位置，3 天后牵回至正常。待骨窗初步愈合后可拆除外固定架。

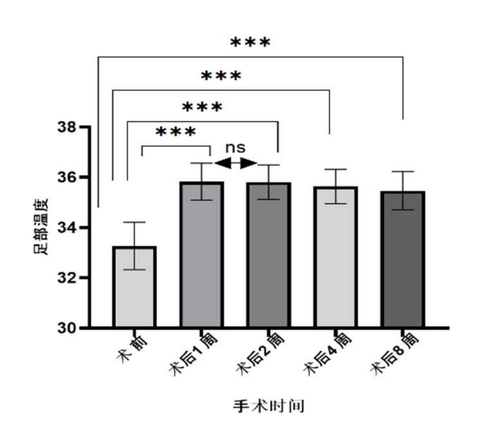
1.6 评价指标

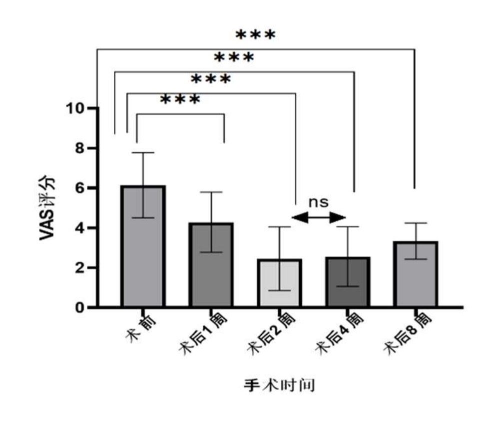
（1）术后保足率（未截肢或踝关节以下截肢/趾）、功能性保肢率（未截肢或中足中段以远部位小截肢/趾）、大截肢率（踝关节以上截肢）（2）溃疡愈合时间（3）并发症发生率（4）足部皮温改善情况：皮温枪测量患

足足背中点皮温，选择早午晚三个时间点测量，取平均值，测量前穿袜至少 2 小时，术后第 1、2、4、8 周分别测量一次（5）静息痛情况：使用 VAS 评分（视觉模拟评分）进行疼痛指数检测，术后第 1、2、4、8 周分别测量一次（6）对比术前术后 CTA，观察血管再通及血管网重建情况。

2 结果

117 例患者中，保足率 95.73%（112/117），功能性保肢率为 83.76%（98/117）。5 例患者因严重感染或并发症最终行踝关节以上截肢即大截肢，其中 4 例为小腿截肢，1 例为大腿截肢，大截肢率为 4.27%（5/117），随访中均未发现截肢平面上移。除截肢患者外，其余患者溃疡愈合良好（典型病例见图 9~11），愈合时间 6~14.5 周,平均（9.07±2.02）周，随访中溃疡无复发，截肢患者伤口均实现一期愈合。与术前相比，患者术后足温显著改善（P＜0.01），术后前两周改善尤为明显且改善效果基本相同（P＞0.05）（具体见图 7）。伴有静息痛的患者术后足部疼痛较术前显著缓解（P＜0.01），患者 VAS 评分第 1 周开始明显下降，第 2 周疼痛已基本缓解且与第 4 周无显著差异（P＞0.05），第 8 周疼痛评分有所增加（具体见图 8）。CTA 显示 70.34%（94/117)的患者术后搬运侧肢体血管情况较前改善，微血管数量增加，侧枝循环建立(典型病例见图 14~15)。本研究中共有 14 例患者发生术后并发症，并发症发生率为 11.97%，其中最多的为截骨区皮缘坏死，共有 7 例患者出现，发生率为 5.98%（7/117）；其次为下肢静脉血栓，共出现 5 例，发生率为 4.27%（5/117）；2 例患者在搬运过程中出现感染，钉道感染发生率为 1.71%（2/117）。





注：***P＜0.01　　ns:P＞0.05

图 7 足部温度随手术时间的变化情况

Figure7 How the temperature of the foot changes with the time of surgery

图 8 VAS 评分随手术时间的变化情况

Figure8 VAS scores vary with time to surgery



图 9



图 10



图 11

图 12

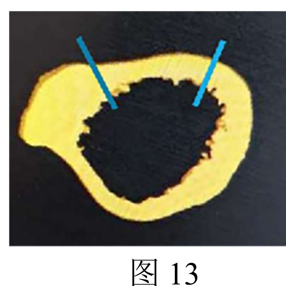


图 13

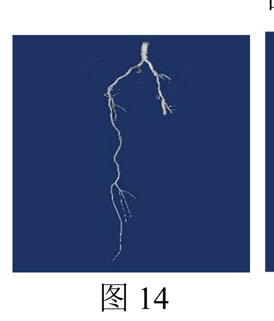


图 14

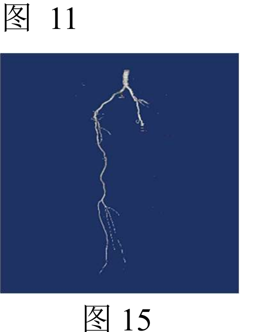


图 15

图 9 患者 A，男，63 岁，2 型糖尿病足坏疽，周围血管病变。术前外观图示前足（2—4 趾）坏死。

Figure9 Patient A, male, 63 years old, type 2 diabetes mellitus foot gangrene, peripheral vascular disease. Preoperative appearance shows necrosis of the forefoot (2-4 toes).

图 10 患者 A 术后第 4 周外架牵拉期外观，局部骨块及皮肤隆起，钉眼干燥无红肿

Figure10 The appearance of the external frame traction period in the 4th week after patient A surgery, local bone and skin bulge, dry nail eye without redness and swelling

图 11 患者 A 术后 4 周创面愈合外观，创面周缘皮肤色泽红润

Figure11 Patient A had a healing appearance of wound 4 weeks after surgery, and the skin around the wound was rosy

图 12 测量胫骨体表横径

Figure12 Measure the tibial body surface diameter

图 13 斜形截骨图示

Figure13 Illustration of oblique osteotomy

图 14 患者 B，65 岁，术前患侧 CTA

Figure14 Patient B, 65 years old, preoperative CTA on the affected side

图 15 患者 B，术后 CTA 可见患肢有新的侧枝形成（建议箭头标示—已标记）

Figure15 Patient B, postoperative CTA shows new lateral branch formation in the affected limb (recommended arrow indication - marked)

3 讨论

3.1 TTT 可促进侧枝循环建立，短期改善足温、缓解静息痛

糖尿病足溃疡难以愈合的主要因素为下肢循环障碍[14]，回顾分析我院 432 例 Wagner 3、4 级糖尿病足患者，其中约 2/3 的患者存在下肢循环障碍，其比率与年龄、病史等因素呈正相关，因此有效改善下肢动脉通畅率及足部组织灌注，重建下肢闭塞血流成为治疗糖尿病足溃疡的关键，也是保肢的决定性因素[15]。目前，下肢血管腔内介入治疗作为改善下肢缺血主流技术，效果确切，但该治疗仅可恢复下肢大动脉血流，对于足部微循环灌注效果欠佳，且存在医疗工作者暴露射线时间长、费用高昂、维持下肢循环时间短、切口液化坏死、需要长期服药等众多问题中[16]。TTT 技术作为我国学者自主创新开发的一种下肢微循环重建技术，以其较低的治疗成本，相对简单且创伤较少的的手术操作，引起了临床的广泛关注。其可能原理主要有通过 TTT 技术可诱导下肢微血管网再生，胫骨开窗减压、动员干细胞迁徙足部重建等[17、18]。

足部温度是下肢循环最直观的客观表现，早期监测足部温度利于预防足部溃疡、坏疽的发生[19]。目前临床发现当伤口床温度低于中心体温时，晚期炎性细胞和成纤维细胞的活动受到阻碍，导致愈合延迟[20]。体外实验证明，中性粒细胞、成纤维细胞和上皮细胞的的临界温度为 33℃，在此温度以下，上述细胞活力大大下降[21]。我院糖尿病足中心回顾大宗病例发现，足部趾端体温低于 34℃，创面很难通过常规手段愈合，通常需要介入或其他手术干预提高局部温度，才能获得愈合机会。本研究选择倍尔康牌皮温仪进行测量，选择术前及术后不同时间段进行比较。前两周改善效果最为显著，之后效果逐渐降低。证明患者应用 TTT 技术可以促进下肢循环，对于足部温度的改善在短期内可以达到较好的效果。

改善术后肢体疼痛是 TTT 技术另一大优势，绝大部分患者接受此类手术后，肢体静息痛得到不同程度缓解，此效果与下肢腔内治疗相似，也是肢体温度改善的另一表现。本研究采用 VAS 评分系统，该评分系统在糖尿病足疼痛[22]中应用较为广泛，研究中显示患者在术后第 1 周疼痛开始缓解，第 2、4 周效果最佳，而第 8 周以后有部分患者出现疼痛反复，这提示 TTT 可在短期内有效缓解糖尿病足患者的静息痛，这种疼痛的改善与胫骨开窗减压、缓解血管痉挛有直接关系。通常结合口服改善微循环药物和足部功能锻炼，对长时间解除静息痛可起到很好的效果。

3.2 TTT 可提高功能性保肢率

功能性保肢是糖尿病足保肢的核心，足部创面愈合效率是评估手术方案效果的重要指标。回顾我院以往大宗病例，Wagner 3、4 级糖尿病足患者的截肢率超过 70%，而此类病人也是保肢患者群重点病人，依照病情发展，此类病人已坏死及感染性肢体难以保全，但在采用 TTT 技术基础上，可最大限度保存肢体，不依靠支具或假肢而实现行走，即功能性保肢。本组共有 98 名患者实现功能性保肢，即不截肢或中足中段以远

截肢，功能性保肢率达 83.76%。有 14 例患者实现踝下截肢，但于中足中段以近截肢，对于此类病人我们一般建议患者术后采用足部支具协助行走，虽不归于功能性保肢，但整体保足率可达到 95.73%（112/117）。其中有 5 例行大截肢，需要最终安装假肢才可行走。除截肢患者外，其余病人溃疡均愈合，平均愈合时间为（9.07±2.02）周,对比以往病例中患者创面愈合时间[23,24]，本研究足部创面愈合效率较高。

3.3 改良 TTT 可明显减少术后并发症

TTT 技术在糖尿病足保肢治疗中疗效确切，其治疗效果及并发症与技术细节的操作及围手术期的照护有关，若无对 Ilizarov 技术原理的深刻理解以及大宗糖尿病足病例实操经验，此技术并发症发生率较高且后果较为严重，如：胫前皮肤坏死、搬运骨块游离形成死骨、下肢深静脉血栓及肺栓塞、钉道感染和胫骨骨折，出现以上并发症，处理往往十分棘手。因此如何优化 TTT 操作技术且评估手术疗效迫切需要解决。

本研究采用改良 TTT 技术，即骨与骨膜联合搬运，与以往研究相比[25-27]，该术式并发症明显降低，优势显著。，改良 TTT 技术采用保留缝合骨膜的形式，可有效固定牵拉杆，避免出现骨块牵拉歪斜或回纳脱位问题，同时可有效减少局部骨髓腔出血，激惹局部软组织而造成皮缘坏死；本研究中，仅 7 例患者术后出现截骨区皮缘坏死，最终均停止搬运。为避免截骨区皮缘坏死的发生，在应用改良 TTT 技术基础上，手术中要注意避免过度牵拉切口处皮肤；术后密切观察搬移区皮肤情况，发现局部张力过大或皮肤颜色改变时及时调整牵拉的速度。下肢静脉血栓主要是传统 TTT 术后创面大，患者行动不便、疼痛或害怕固定架移位、脱落等原因长期无法下床活动导致。改良 TTT 采用“日”型双小骨块截骨，截骨面积取决于胫骨面的横径，采用胫骨相对胫骨面斜行截骨，可有效避免医源性骨折，病人可早期下地锻炼也可减少下肢静脉血栓形成。本研究应用改良 TTT 技术治疗后，大部分患者在 1 周内下床活动，下肢静脉血栓的发生率为 4.27%，较以往大大降低。钉道感染主要由搬运处伤口愈合缓慢、细菌滋生较快，术后针道护理不到位等原因造成。以往文献中钉道感染的发生率差异较大，为 10%~89%[28-31]，而本组仅有 2 例患者出现术后钉道感染的现象，发生率为 1.71%，且均为轻度感染，这与治疗过程中血糖控制较好、外固定架时间较短、术后严格护理等均有关。2 位患者予针道清洁、定期更换敷料处理后感染均得到控制。骨块脱落的主要原因为制作游离骨块时出现位置不正，牵拉后出现歪斜，不能有效回位而出现骨块脱位可出现畸形愈合或不愈合，本研究采用骨膜缝合固定后，大大降低这一并发症,117 例搬运患者均未出现骨块脱落情况。

4 总结

改良 TTT 技术（骨与骨膜联合搬运）的操作核心点主要有以下几个方面：（1）选择病例下肢血运适应症在 CTA 基础上，增加胫骨中上 1/3 处预先骨孔观察，若有可流动骨髓腔血液流出，则血运及搬运效果较好。以往病例中，若预钻无明显髓腔出血，可能提示髓腔存在较多黄骨髓，且牵拉位置无充足髓腔血运及干细胞，最终采用 TTT 技术应用效果往往不理想。

（2）骨块选择面积以胫骨前内侧面横径为主要参考，一般以两侧骨脊 0.5cm 内斜向髓腔进行钻孔截骨）（见图 12、13），且要求不能穿透 2 层皮质，可降低减少手术损伤，减少恢复期，以帮助病人早期下地行走，减少下肢深静脉血栓。（3）保留缝合骨膜。操作中截骨四边骨膜依次进行，凿开一边骨质，采用 5-0 PDS 线缝合骨膜，缝合后，带牵拉杆的游离骨块可稳定在胫骨原位（见图 5），可有效避免骨块移位、搬运后不能复位及死骨形成。（4）术后充分止血放置引流条及鼓励术后早期下地行走，可有效避免皮缘感染坏死及下肢深静脉血栓形成。

然而本研究也存在不足，如（1）本研究仅为自身前后比对研究，未进行对照研究，需要后期大样本随机对照研究。（2）由于绝大部分患者 2 月左右拆除外架，且伤口得到有效愈合，所以缺乏长时间观察糖尿病足患者的足部温度及静息痛数据，有待进一步研究。（3）TTT 技术可再生下肢微循环系统，重建足部血运，有利于伤口的愈合，但是再生的血管仍处于异常的血液中，且重建的微血管处于不稳定状态，因此糖尿病足存在再次复发的可能。且由于该技术仅对微循环重建有效，对于合并大、中动脉闭塞的患者，先予下肢介入治疗，再行 TTT 技术治疗[32]，可能会对中长远期具有更好的疗效。

【参考文献】

[1]薛耀明，邹梦晨.中国糖尿病足防治指南(2019 版)解读[J].中华糖尿病杂志,2019,11(2):88-91.

[2]Fejfarová V,Jirkovská A,Petkov V,et al. Došlo v posledním desetiletí ke změně počtu a charakteristik pacientů se syndromem diabetické nohy hospitalizovaných kvysoké amputacina specializovaném podiatrickém pracovišti? [Has been changed numbers and characteristics of patients with major amputations indicated for the diabetic foot in our department during last decade?].Vnitr Lek. 2016;62(12):969-975.
[3] Lung CW, Wu FL, Liao F, Pu F, Fan Y, Jan YK. Emerging technologies for the prevention and management of diabetic foot ulcers. J Tissue Viability. 2020;29(2):61-68.
[4] Yang Y, Li G. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. 2020;34(8):964-968.
[5]Laakso M, Honkasalo M, Kiiski J, et al. Re-organizing inpatient care saves legs in patients with diabetic foot infections. Diabetes Res Clin Pract. 2017;125:39-46.
[6]陈存仁,方团育,莫泽纬,等.封闭负压引流联合微动力负压敷料促进糖尿病足创面愈合的效果[J]. 实用医学杂志,2021,37(9):1164-1167
[7] 赵晨兵,张会峰,刘琳琳,等. 载抗生素骨水泥治疗高龄糖尿病足患者 2 例[J]. 中华糖尿病杂志,2022,14(7):711-716.
[8]黄红军,牛希华,杨冠龙,等. 抗生素骨水泥在糖尿病足溃疡创面应用的临床效果[J]. 中华烧伤杂志,2019,35(6):464-466.
[9]黄涛,洪焕玉,马玉鹏,等. 高压氧联合 Ilizarov 横向骨搬运技术治疗 Wagner 3、4 级糖尿病足 21 例疗效观察[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2021,28(3):395-397.
[10]孙梦婷,封岩,蒋立军,等.医用臭氧在治疗糖尿病足慢性创面中的应用研究[J].足踝外科电子杂志,2021,8(1):57-61,64.
[11]段纬喆,赵湜,毛红.血管腔内介入治疗在糖尿病足中的临床应用及效果评价[J].中华糖尿病杂志,2018,10(7):449-453.
[12]Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth oftissues: Part Ⅱ. The influence of the rate and frequency ofdistraction. Clin Orthop Relat Res, 1989, 239: 263-285.
[13]西立峰.TTT 技术治疗糖尿病足及下肢血管闭塞症的临床效果[J].中国实用医药,2019,14(15):63-64.
[14]陈利鸿,冉兴无.中国糖尿病足病变临床特点与防治对策[J].中国临床医生杂志,2021,49(12):1390-1393.
[15]王江宁, 高磊.糖尿病足慢性创面治疗的新进展[J] .中国修复重建外科杂志, 2018, 32 (7): 832-837.
[16]中国糖尿病足细胞与介入治疗技术联盟,中国介入医师分会介入医学与生物工程技术委员会,国家放射与治疗临床医学研究中心. 糖尿病足介入综合诊治临床指南(第六版)[J].介入放射学杂志,2020,29(9):853-866.
[17]中国医师协会骨科医师分会中国骨搬移糖尿病足学组.胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足的专家共识（2020）[J].中国修复重建外科杂志 2020,34(8):945-950.
[18]花奇凯,秦泗河,邝晓聪,等. 胫骨横向骨搬移技术治疗 516 例糖尿病足的经验总结[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(8): 959-963.
[19]Roback K. An overview of temperature monitoring devices for early detection of diabetic foot disorders. Expert Rev Med Devices. 2010 Sep;7(5):711-8.
[20]Dini V, Salvo P, Janowska A, Di Francesco F, Barbini A, Romanelli M. Correlation Between Wound Temperature Obtained With an Infrared Camera and Clinical Wound Bed Score in Venous Leg Ulcers. Wounds. 2015 Oct;27(10):274-8.
[21]Xia Z, Sato A, Hughes MA, Cherry GW. Stimulation of fibroblast growth in vitro by intermittent radiant warming. Wound Repair Regen. 2000 Mar-Apr;8(2):138-44.
[22]de Alencar F Santos J, Nicolau RA, Sant'Anna LB, Paterno JC, Cristovam PC, Gomes JÁP, Santos JDM, Lo Schiavo Arisawa EA. Diabetic Foot Wounds Treated With Human Amniotic Membrane and Low-level Laser Therapy: A Pilot Clinical Study. Wound Manag Prev. 2021 Aug;67(8):16-23.
[23]花奇凯,秦泗河,赵良军,等. Ilizarov 技术胫骨横向骨搬移术治疗糖尿病足[J]. 中国矫形外科杂志,2017,25(4):303-307.

[24]丁小方,徐海林,王元利,等. 改良胫骨横向骨搬移微循环重建术治疗终末期糖尿病足[J]. 中国骨伤,2021,34(5):462-466.
[25]孙勇,肖耀广,王贺.胫骨横向搬移治疗糖尿病足溃疡[J].中国骨伤,2018,31(10):949-952.
[26]李宏烨,尤加省,刘超,等.TTT 术治疗糖尿病足溃疡的疗效[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(1): 23-27.
[27]覃承诃,周春豪,张红安,等. 胫骨横向骨搬运技术治疗糖尿病足疗效观察[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(19): 1809-1812.
[28]Yushan M, Ren P, Abula A, et al. Bifocal or trifocal (double - level)bone transport using unilateral rail system in the treatment of largetibial defects caused by infection: a retrospective study. OrthopSurg, 2020, 12(1): 184-193.
[29] 王长林,魏星,孙有荣,等. 骨搬移技术治疗股骨大段感染性骨缺损的回顾性分析[J]. 实用骨科杂志,2019,25(11):1030-1034.[30] Mohamed Fadel, Mohamed Ali Ahmed, Ahmed Mounir Al-Dars,et al. Reply to comments on Fadel et al.: Ilizarov external fixationversus plate osteosynthesis in the management of extra-articularfractures of the distal tibia. Int Orthop, 2015, 39(7): 1457-1458.
[31]王建兵,顾三军,周子红,赵继军,冯德宏,孙振中,许亚军,芮永军,殷渠东.骨搬运与诱导膜技术修复胫骨大段骨缺损的疗效比较[J].中华创伤骨科杂志,2019(05):398-404.
[32]赵晓明,刘亮,袁启令,等. TTT 技术治疗糖尿病足的研究进展[J].中国修复重建外科杂志,2020,34(8): 969-973.